



Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas

**Reintroducción de *Brosimum alicastrum* (Moraceae)  
en el Ejido de Zenzontla en La Reserva de la Biosfera  
de la Sierra de Manantlán, México**



Marian Mendoza García  
María Eugenia Santillana Ceballos

Madrid, 14 de mayo de 2012.

## ÍNDICE

1. Introducción .....	3
2. Características principales de <i>Brosimum alicastrum</i> .....	4
2.1 Descripción .....	4
2.2 Distribución y hábitat .....	5
3. Tipo de restitución a realizar y justificación .....	6
4. Objetivos .....	6
5. Análisis DAFO .....	7
6. Diseño de la restitución de <i>Brosimum alicastrum</i> .....	8
6.1 Selección y diagnóstico de la localidad .....	8
6.2 Selección del material genético de <i>Brosimum alicastrum</i> .....	10
6.3 Métodos de cultivo .....	10
6.4 Selección del tipo de individuo a utilizar en la restitución .....	11
6.5 Determinación del número de genotipos y del número de individuos .....	11
7. Modelización demográfica de la operación .....	13
8. Descripción del proceso de establecimiento de la población .....	18
9. Plan de monitorización .....	19
10. Bibliografía .....	21

## 1. Introducción

Muchos de los bosques tropicales de América poseen en su composición árboles y arbustos de la familia Moraceae, que comprende 37 géneros y aproximadamente 1.100 especies. De forma particular, el género *Brosimum* comprende 15 especies, entre las que se encuentra *Brosimum alicastrum* Swartz. Este árbol constituye parte del dosel superior de las selvas tropicales y, aunque en las comunidades puede presentar una abundancia reducida en comparación con otras especies, su función dentro de la dinámica y estructura del hábitat es fundamental. Asimismo, esta especie favorece la regeneración de otras especies, particularmente de otros árboles, facilitando su coexistencia debajo del dosel (Sánchez-Velásquez *et al.*, 2004).

De la misma forma, a esta especie se le atribuyen algunos efectos restauradores, tal como la conservación del suelo, al controlar la erosión causada por diversos agentes abióticos, como por ejemplo los fuertes vientos. También, se le considera una especie potencial para la recuperación de terrenos que han sido perturbados por numerosas actividades antropogénicas, como el desmonte. En otro sentido, esta especie aporta numerosos servicios ecosistémicos: funciona como cerca viva en los agrohábitats, representa una barrera rompevientos, provee sombra y refugio todo el año, por lo que su presencia se ha hecho común en parques y avenidas, y genera alimento a diversas especies de aves, incluso a venados y jabalíes, es decir, tiene utilidad como árbol forrajero. Otros usos potenciales de esta especie son el empleo de sus semillas como alimento para muchas poblaciones, su madera es utilizada para la construcción de múltiples objetos e, incluso en muchas zonas, este árbol tiene un uso farmacéutico, ya que el extracto de sus frutos genera un aumento en la producción de leche, tanto en humanos como en el ganado (Berg, 1972).

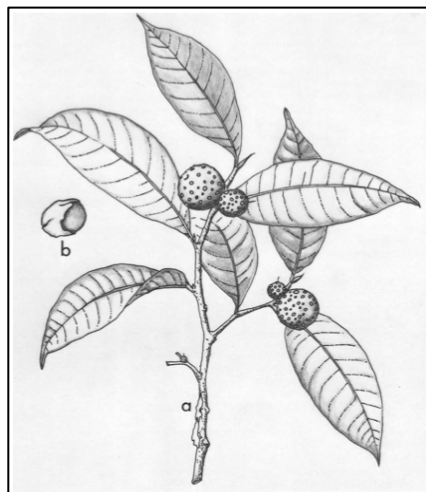
A pesar de la importancia que posee esta especie, no sólo para el adecuado funcionamiento de la dinámica del hábitat, sino por los beneficios sociales y económicos que genera, se han llevado a cabo numerosas actividades que han eliminado su presencia en muchos bosques tropicales, en particular en los encontrados en parte de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán en México. En dicha zona, las causas fundamentales de la pérdida de esta especie han sido: el sobrepastoreo en el sotobosque, lo que ha llevado a la ausencia de una regeneración natural por la pérdida de las plántulas y de las semillas, así como un aumento en la erosión y compactación del suelo; la extracción no gestionada de madera, que ha generado una pérdida masiva de los individuos, además de daños colaterales debido a la misma extracción; y el incremento en la deforestación, provocada por los cambios de usos en el suelo, es decir, la pérdida de áreas de bosques para la generación de zonas de cultivos agrícolas.

Con base en lo anteriormente expuesto, se propone una reintroducción de la especie *Brosimum alicastrum* en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, con la finalidad de recuperar las poblaciones existentes anteriormente en el área y llevar a cabo un proyecto de rehabilitación de dicha zona.

## 2. Características principales de *Brosimum alicastrum*

### 2.1 Descripción

*Brosimum alicastrum* es un árbol perennifolio o subperennifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 90 cm y hasta 1,5 m. Su copa es piramidal, densa o abierta e irregular. Posee hojas alternas, simples, cortamente pecioladas; con láminas de 4 a 18 cm de largo por 2 a 7,5 cm de ancho, de ovado-lanceoladas a ovadas o elípticas, con el margen entero; son de color verde brillantes en el haz, verde grisáceas en el envés. Su tronco es recto, cilíndrico con contrafuertes grandes y bien formados, de 1,5 a 4 m de alto, 6 a 10 por tronco, redondeados a ligeramente tubulares, aplanados. Sus ramas son ascendentes y luego colgantes. La corteza externa es lisa, con una tonalidad parda grisácea, con destellos amarillentos, lenticelas redondeadas o más largas que anchas, y la corteza interna es de color crema amarillento, fibrosa a granulosa, con abundante exudado lechoso, ligeramente dulce y pegajoso. En total, ambas cortezas tienen un grosor que va desde los 7 hasta los 12 mm. Sus flores son unisexuales, solitarias y axilares. Las masculinas están reunidas en amentos globosos, compuestos de escamas peltadas, carecen de corola. Las flores femeninas están en cabezuelas oblongas, ovales, con escamas más pequeñas. El fruto es una drupa de 2 a 3 cm de diámetro, globosas con pericarpio carnoso, verde amarillento a anaranjado o rojo en completa madurez, de sabor y olor dulce, cubierta en la superficie de numerosas escamas blancas; conteniendo 1 (2-3) semillas por fruto. Las semillas miden de 9 a 13 mm de largo por 16 a 20 mm de ancho, esféricas y aplanadas en ambos extremos, cubiertas de una testa papirácea de color moreno claro (Figura 1), con los cotiledones montados uno sobre el otro, verdes, gruesos y feculentos. El sistema radical que posee es fuerte, ya que algunas raíces son superficiales, por este motivo, está frecuentemente reforzado por contrafuertes. Es un árbol monoico, su sexualidad cambia del estado femenino al masculino a partir de cierta etapa de su ciclo de vida (Peters, 1982).



**Fig. 1.**

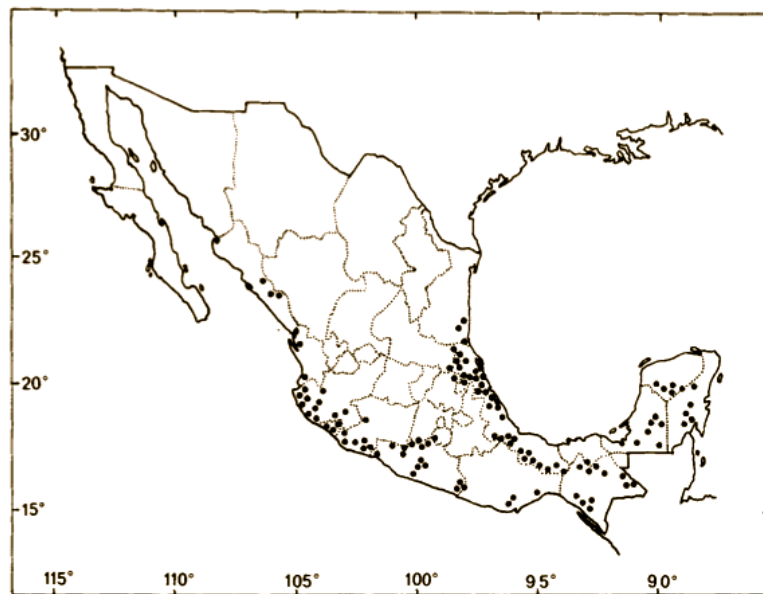
*Brosimum alicastrum*. a. Frutos en desarrollo. b. Semillas con testa papirácea (aproximadamente 1x) (Tomado de Peters, 1982).

## 2.2 Distribución y hábitat

*Brosimum alicastrum* es una especie endémica de Mesoamérica: desde México hasta Perú, pasando por Guatemala, Costa Rica, Panamá, Guyana, Venezuela, Brasil, Bolivia, Colombia, Ecuador. También, se encuentra en las Islas del Caribe: Cuba, Jamaica y Trinidad y Tobago (Vega, A. *et al.*, 2001).

El presente estudio se basa únicamente en la distribución que tiene *B. alicastrum* en México, donde es conocido comúnmente como capomo, uje o mojo. Por el Golfo de México se encuentra en los estados de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo; por el Océano Pacífico desde Sinaloa a Chiapas, pasando por Colima y Jalisco, estados colindantes, en donde se encuentra la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Se encuentra además en la Cuenca de Balsas en Michoacán y Morelos, con una altitud de 50 a 800 (1.000) m (Figura 2) (Vega, A. *et al.*, 2001).

La especie prospera en sitios abarrancados, de naturaleza caliza, con tiempos cortos de insolación, en llanos o terrenos con declives escarpados, sobre laderas calizas muy inclinadas, aunque se desarrolla mejor en los llanos fértiles. Se ubica en áreas con temperatura media anual de 18 a 27 °C, con una precipitación anual promedio de 600 mm (Tamaulipas), hasta 4.000 mm (Chiapas y Tabasco). Crece sobre suelos someros, pedregosos con mucha roca aflorante o profundos, con drenaje rápido o muy rápido. Los suelos son de color rojizo a gris oscuro y negro, con un pH de 6,8 – 8,2, clasificados como litosoles, suelos de tipo rendzinas, vertisoles, oxisoles y calizos (Vega, A. *et al.*, 2001).



**Fig. 2.**

Distribución geográfica de *Brosimum alicastrum* en México (Tomado de Pennington y Sarukhan, 1968; Berg, 1972).

### 3. Tipo de restitución a realizar y justificación

Se propone llevar a cabo un proyecto de reintroducción de *Brosimum alicastrum*, mediante una serie de actividades que permitirán que la especie se establezca nuevamente en el Ejido Zenzontla de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán. Este tipo de restitución está condicionada por los siguientes factores:

- La especie *Brosimum alicastrum* es autóctona de la zona de estudio, es decir, se reintroducirá en su área de distribución natural.
- Presenta reproducción tanto sexual como asexual, lo que representa una ventaja ante otras especies de la zona.
- Actualmente existen individuos de *Brosimum alicastrum* en otras áreas de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán y en zonas aledañas, lo que permite obtener un material de partida apropiado.
- Es considerada una especie de interés socioeconómico, por lo que será un plan apoyado por las comunidades aledañas.

A partir de lo anteriormente expuesto, se puede plantear un objetivo general preciso de reintroducción de la especie y, de esta forma, recuperar las condiciones naturales de la zona. La finalidad es que sea una población autosostenible y, que a su vez, sea capaz de recuperarse ante posibles perturbaciones. Es importante mencionar que se considera una reintroducción de la especie por la escala geográfica estudiada. Es decir, a nivel de la reserva se puede determinar que es una reintroducción de la especie, sin embargo, si se considerara un espacio geográfico más amplio, como algunos estados de México, podría plantearse como un reforzamiento, ya que en otras zonas de la reserva ya se encuentra presente. Por ende, de acuerdo a la escala espacial empleada se determina una reintroducción de *Brosimum alicastrum*.

### 4. Objetivos

#### Objetivo general

Reintroducir la especie *Brosimum alicastrum* en el Ejido Zenzontla de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán en México, para rehabilitar las condiciones naturales de la zona.

#### Objetivos específicos

Reintroducir un número de 2.500 individuos de *Brosimum alicastrum* en el área de conservación del Ejido Zenzontla.

Generar poblaciones autosostenibles de *Brosimum alicastrum* para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones aledañas.

Promover planes de conservación de *Brosimum alicastrum*, así como concientizar a las poblaciones aledañas sobre su importancia ecológica y socioeconómica.

Diseñar programas de seguimiento de la evolución de los individuos de *Brosimum alicastrum* reintroducidos.

## 5. Análisis DAFO

Mediante el Análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades), el análisis interno, el análisis del entorno y con la demanda social, se puede estudiar la serie de relaciones existentes entre ellas. El análisis DAFO se puede consultar en la Tabla 1.

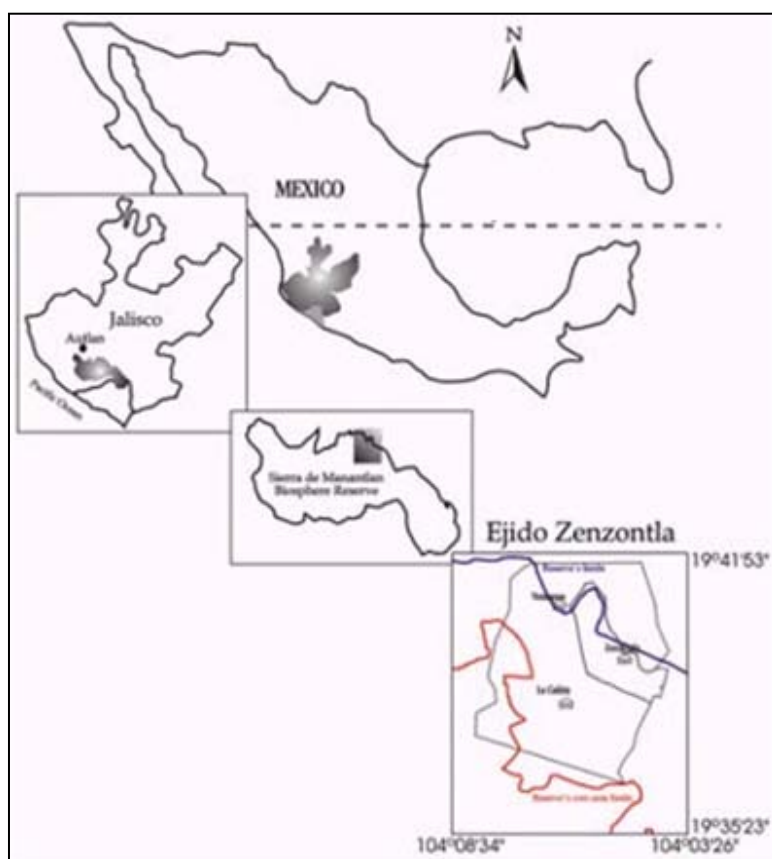
**Tabla 1.** Matriz DAFO (Elaboración propia).

Matriz DAFO		Especie propuesta: <i>Brosimum alicastrum</i>	
		Fortalezas	Debilidades
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Forma parte de la Reserva de la Biosfera de Manantlán, México.</li> <li>- El hábitat es favorable para la especie.</li> <li>- Incremento de la densidad de las poblaciones con distintos genotipos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de conciencia ambiental en la reserva y zonas aledañas.</li> <li>- Poco conocimiento de la especie.</li> </ul>
Zona propuesta y su entorno	Amenazas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Favorecer la introducción de especies adaptadas al medio, en las zonas donde se necesite repoblar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia al abandono.</li> <li>- Es necesario implicar a la población en la medida de lo posible, en las actuaciones que se lleven a cabo, para motivar la protección del lugar en estudio.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de inversión económica en proyectos de investigación.</li> <li>- Falta de recursos para el monitoreo.</li> </ul>		
	Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejora paisajística, con la especie autóctona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El proyecto que se realice puede proporcionar puestos de trabajo y beneficios económicos.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Foco de atracción de población aledaña.</li> <li>- Incremento del capital para la reserva.</li> </ul>		

## 6. Diseño de la restitución de *Brosimum alicastrum*

### 6.1 Selección y diagnóstico de la localidad

Las condiciones para seleccionar la localidad se basan en el contexto socioeconómico regional y ecológico, ya que raramente se considera para la gestión de las reservas en México. Esta caracterización ecológica se completa con diversas variables climáticas y se pretende incorporar a un modelo del que resulta una reintroducción de *Brosimum alicastrum* en el Ejido Zenzontla (4.344 ha) en el Municipio de Tuxcacuesco en La Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán (entre 19°42' y 19°35' N y 104°10' y 104°02' O), situada en los límites de los Estados de Jalisco y Colima (Figura 3). Esta reserva constituye el área natural protegida más importante del occidente de México, debido a su gran extensión (139.500 ha), alta riqueza de especies silvestres y cultivadas, potencial forestal y servicios ecológicos. Sus cuencas son importantes abastecedoras de agua para los valles agrícolas y centros urbanos adyacentes, que albergan una población de más de 400.000 habitantes (Cardenas-Hernandez y Martínez, 2001).



**Fig. 3.**

Ubicación del Ejido Zenzontla en el Municipio de Tuxcacuesco en La Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán (Tomado de Cardenas-Hernandez y Martínez, 2001).



De acuerdo al Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán 2000, La Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán fue establecida por decreto del Ejecutivo Federal en marzo de 1987, con el fin de proteger la diversidad biológica y promover el uso sostenible de los recursos naturales de esta zona montañosa. Aunado a lo anteriormente expuesto, se pretende reincorporar *Brosimum alicastrum* en la zona, dados los aprovechamientos tanto ecológicos como socioeconómicos que se pueden llegar a obtener. Bajo este contexto, a largo plazo pueden surgir alternativas para mejorar la calidad de vida de la población local sobre la base del ordenamiento territorial y sobretodo del aprovechamiento racional de los recursos naturales, haciendo hincapié en la especie introducida.

La diversidad de las comunidades vegetales es afectada principalmente por dos razones: (1) el pastoreo, debido a impactos directos por herbivoría, y (2) la tala de árboles permanentes, que alteran el balance competitivo entre las especies. Si se quiere conseguir éxito en la reintroducción de *Brosimum alicastrum*, es importante considerar la escala temporal, es decir, prever cómo cambiará el entorno de la población implantada y su posible efecto sobre el mismo.

*Brosimum alicastrum* ha sido seleccionada, como se mencionó anteriormente, por ser un árbol multiuso: las hojas, ramas y frutos se utilizan con frecuencia como forraje, en otras ocasiones como alimento y hasta como medicamento. Todos estos factores describen su importancia socioeconómica, así como su plasticidad, puesto que tiene un amplio rango de distribución geográfico, además de una litología no muy exigente para zonas tropicales y un clima templado que va desde los 15 a los 35° C al año (Tabla 2).

**Tabla 2.**  
Clima y suelo en condiciones naturales de *Brosimum alicastrum*.  
(Tomado de Burns, R. y M. Mosquera, 1988).

Clima y suelo en condiciones naturales				¿Dónde crece mejor?
Pluviometría	1.000-3.500 mm	Suelos	Aluviales fértiles y alcalinos incluyendo topografía cárstica de origen calizo y litosoles.	Crece hasta 1.000 m pero mayormente mejor por debajo de los 300 msnm
Estación seca	0-6 meses			
Altitud	0-1.000 msnm	Textura	Media	
Tmáx. media (mes más cálido)	20-40 °C	pH	6.8 a >8.2	
Tmin. media (mes más frío)	12-18 °C	Drenaje	Libre (bien drenados)	
T media anual	15-35 °C			

## 6.2 Selección del material genético de *Brosimum alicastrum*

El material genético de partida proviene de otras poblaciones de la especie *B. alicastrum* que se encuentran ubicadas en la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán. Como se indicó anteriormente, este proyecto de reintroducción se realizará únicamente en el Ejido Zenzontla en el Municipio de Tuxcacuesco y, por ende, se considera oportuno emplear dicho material de origen. En la Figura 4, se puede observar la totalidad de la extensión de la reserva y los puntos señalados serán las dos comunidades de donde se extraerá el material genético para la reintroducción. Dichas zonas fueron seleccionadas por la similitud de condiciones, tanto bióticas como abióticas, con el área de estudio, esperando con ello una reproducción exitosa de los individuos reintroducidos de *B. alicastrum*.



**Fig. 4.**

Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, México (Leyenda: los círculos en amarillo representan las dos poblaciones de las que se extraerá el material genético de partida)  
(Tomado de Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2010).

### 6.3 Métodos de cultivo

Para llevar a cabo el cultivo de la especie, se recolectarán las semillas directamente de los árboles durante la estación de maduración, que en este caso corresponde a los meses entre abril y junio. Es importante considerar que las semillas al ser recalcitrantes no pueden ser almacenadas por largos períodos de tiempo, ni siquiera bajo condiciones controladas de temperatura. De esta forma, posterior a la colecta, las semillas serán trasladadas a un vivero determinado, se sembrarán en semilleros a una distancia de 10x10 cm, y se trasplantarán en bolsas negras de 10 cm de ancho x 20 cm de largo. Se recomienda realizar un tratamiento pregerminativo, en donde las semillas sean

inmersas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas, y se siembren en sustrato de arena. El porcentaje de germinación, calculado en condiciones naturales, es del 84 al 88%, y el número de semillas por kilogramo es de 300 y 350 aproximadamente. El trasplante definitivo, del vivero al campo, se realizará cuando la plántula alcance una altura aproximada de 50 cm. Estas plántulas no deben plantarse con distancias menores de 3x3 m en el campo. Para el mejoramiento de la plantación, se sugiere el intercalo de cultivos nodriza durante el establecimiento, considerando la alta tolerancia de esta especie al sombreado (Ayala y Sandoval, 1995).

Es importante tomar en cuenta que los viveros seleccionados son parte del proyecto de reintroducción de la especie, pues estarán a cargo de las poblaciones aledañas, como generación de ingresos económicos en la región. De esta forma, se mantiene una relación beneficiosa entre los intereses ecológicos, sociales y económicos que conciernen a esta especie.

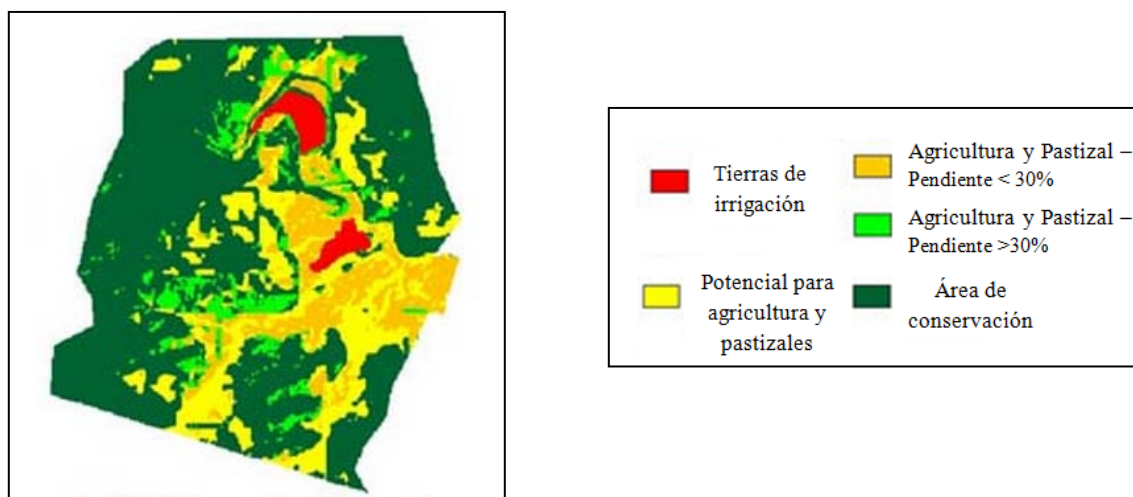
#### **6.4 Selección del tipo de individuo a utilizar en la restitución**

Las plántulas seleccionadas tendrán como máximo una savia, para evitar tanto que presenten deformaciones en las raíces al crecer en contenedores, como la ruptura de las mismas al ser trasplantadas. Otros aspectos a tomar en cuenta para la selección serán: la ausencia de heridas y patógenos, que no presenten tallos con ramas cortadas, muy elongados o con deformaciones y, al ser trasplantadas, se considerará que la planta esté suficientemente hidratada. Asimismo, se propone un tiempo de aclimatación, en zonas cercanas al vivero, antes de ser llevadas al campo para la plantación.

#### **6.5 Determinación del número de genotipos y del número de individuos**

Se propone la escogencia de al menos dos genotipos, para llevar a cabo la reintroducción de *B. alicastrum*, y que procedan de las poblaciones seleccionadas para la recolección de las semillas. Con ello, se espera una descendencia similar a la ya existente y, por lo tanto, que asegure el éxito reproductivo una vez que sean plantadas en la zona de estudio. Asimismo, se propone que las poblaciones seleccionadas posean diferentes genotipos, ya que parte del objetivo del proyecto es la conservación de los recursos fitogenéticos que se encuentran en el área.

La densidad de individuos dependerá del número de pies y la unidad de superficie que se va a plantar. En el Ejido de Zenzontla, la zonificación de usos de tierra está asignada de la siguiente forma: el área de conservación representa un 79% (3.440 ha), el área de agricultura y pastizales representa el 21% (900 ha) y la zona de irrigación comprende un 0,3% (15 ha). Se propone llevar a cabo la plantación dentro de la zona destinada a la conservación (Cardenas-Hernandez y Martínez, 2001). En la Figura 5 se muestra la zonificación del Ejido de Zenzontla.



**Fig. 5.**

Zonificación del Ejido de Zenzontla, México (Tomado y parcialmente modificado de Cardenas-Hernandez y Martínez, 2001).

Según diversos estudios, se sugiere que una población mínima de 50 individuos puede sobrevivir sin experimentar depresión endogámica a corto plazo, es decir, sin una disminución en la variabilidad genética que impida la supervivencia de la especie. También se propone que para evitar la pérdida de variabilidad en la población se requieren al menos 500 individuos, y que el tamaño efectivo de una población, que asegure la conservación de la diversidad genética por un período indefinido de tiempo, puede estimarse entre 500 y 5.000 individuos. Otro estudio llevado a cabo en bosques tropicales estima que especies comunes, es decir, que se producen en altas densidades y poseen una amplia distribución geográfica, puede mantener la variabilidad genética con un número bastante grande ( $\geq 20$ ) de pequeñas reservas ( $\leq 500$  ha) (Kageyama y Reis, 1993).

Con base en lo anterior, y considerando que *B. alicastrum* es una especie maderable y requerida por la comunidad para el desarrollo económico, se proponen reintroducir 2.500 individuos en un 10% de la zona destinada para la conservación en el Ejido de Zenzontla (Figura 6).



**Fig. 6.**

Ejemplo de plantación de *Brosimum alicastrum* en México (Tomado de Ayala y Sandoval, 1995).

## 7. Modelización demográfica de la operación

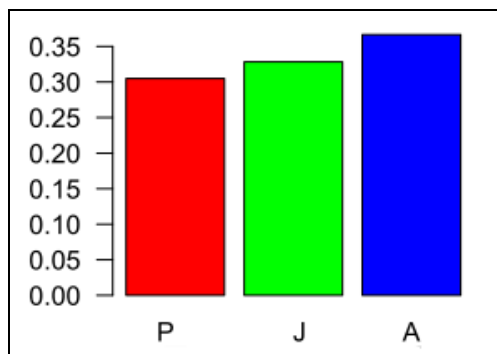
Para poder llevar a cabo los planes de conservación de *B. alicastrum* en el Ejido de Zenzontla, se propone realizar una modelización demográfica de la reintroducción, tomando como población inicial 2.500 individuos. A continuación, se presenta la matriz de transición de Lefkovitch, donde se representan de manera estándar los datos cuantitativos de los estadios o etapas de desarrollo de los individuos (Plántula, Juvenil y Adulto).

**Tabla 3.**

Matriz de transición de *Brosimum alicastrum* por etapa de desarrollo.

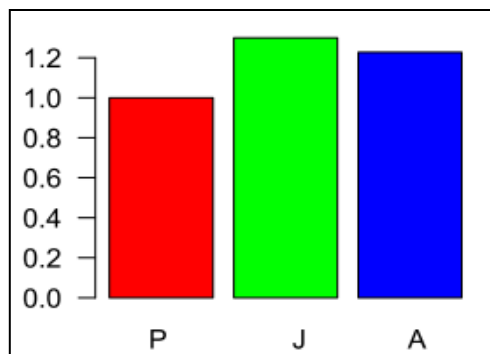
	Plántula	Juvenil	Adulto
Plántula	0,72	0,00	0,67
Juvenil	0,62	0,95	0,00
Adulto	0,00	0,61	0,98

Como resultado de la matriz de transición, se obtiene la tasa finita de crecimiento de la población ( $\lambda$ ), que en este caso posee un valor de 1,526, es decir, se puede considerar como una población creciente. En las Figuras 7 y 8, respectivamente, se observa la distribución estable por etapas y los valores reproductivos en cada caso. Ambos representan vectores de la matriz de transición, y da un indicio de la estructura de la población. En la Figura 9 se presenta un esquema del ciclo de vida de la especie, con las probabilidades que hay de que un individuo viva y avance a la siguiente fase en el ciclo.



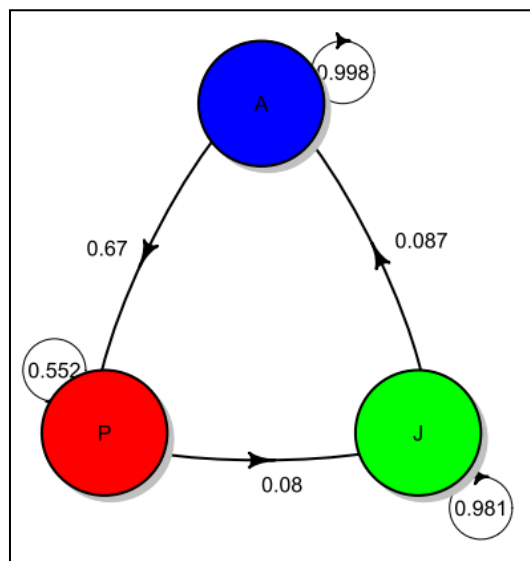
**Fig.7.**

Distribución estable por etapas de *Brosimum alicastrum*  
(P = plántula, J = juvenil, A = adulto).



**Fig.8.**

Valores reproductivos por etapas de *Brosimum alicastrum*  
(P = plántula, J = juvenil, A = adulto).



**Fig. 9.**

Representación del ciclo de vida de *Brosimum alicastrum*  
(P = plántula, J = juvenil, A = adulto).

A partir de la matriz de transición, también se pueden obtener las matrices de sensibilidad y de elasticidad (Tablas 4 y 5). De esta forma, se puede estudiar la importancia relativa de las diferentes fases del ciclo de vida en la dinámica poblacional. Estas matrices aportan una idea sobre el ciclo de vida que se encuentra bajo mayor presión de selección. A partir de dicha información, se pueden tomar decisiones de manejo y de gestión de conservación. Una de las fases de mayor riesgo en el ciclo de vida de *B. alicastrum*, es el establecimiento de la plántula durante el primer año, esto debido a todos los factores externos que dificultan el crecimiento de la misma (Figura 10). Ello sugiere que en el momento de llevar a cabo la plantación para la reintroducción, se deben impedir ciertas acciones, como el paso de ganado en la zona.

**Tabla 4.**

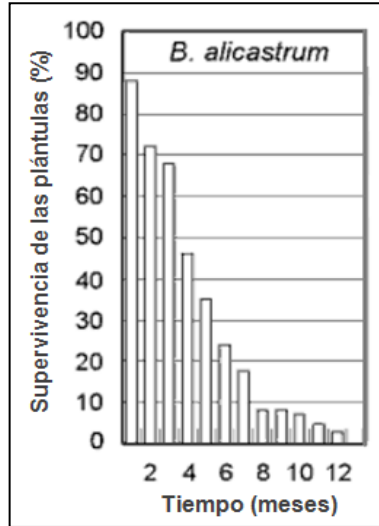
Matriz de sensibilidad de *Brosimum alicastrum* por etapa de desarrollo.

	Plántula	Juvenil	Adulto
Plántula	0,258	0,278	0,310
Juvenil	0,335	0,361	0,403
Adulto	0,317	0,341	0,381

**Tabla 5.**

Matriz de elasticidad de *Brosimum alicastrum* por etapa de desarrollo.

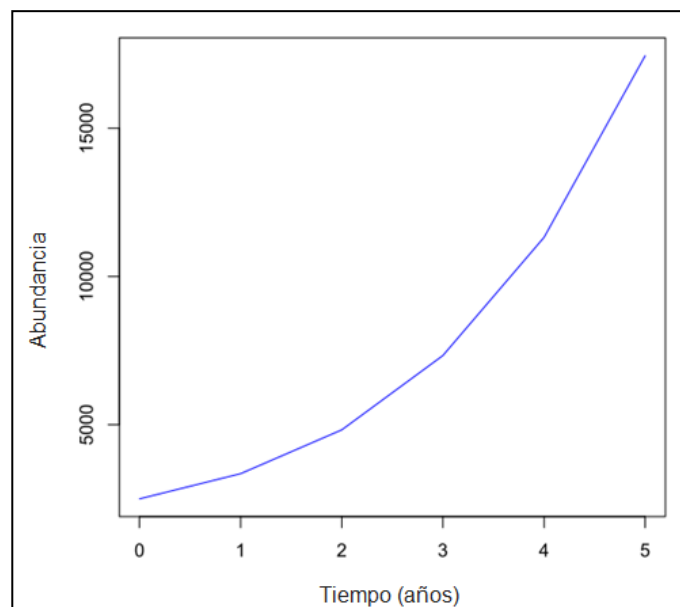
	Plántula	Juvenil	Adulto
Plántula	0,122	0,000	0,136
Juvenil	0,136	0,225	0,000
Adulto	0,000	0,136	0,245



**Fig. 10.**

Curva de supervivencia de las plántulas de *Brosimum alicastrum* en México (Tomado y parcialmente modificado de Peters, 1990).

Realizando una simulación determinista, basada en la matriz matricial inicial, se obtiene una curva de abundancia de *B. alicastrum* en los siguientes 5 años a la plantación. Como se puede observar en la Figura 11, la población aumentará considerablemente (más de 15.000 individuos), tomando como número inicial 2.500 individuos. Este número de individuos resultaría provechoso no sólo en el ámbito de conservación de la especie, sino para la obtención de beneficios económicos por parte de la población, pues se podría mantener un equilibrio entre el uso potencial de la especie y su mantenimiento a lo largo del tiempo en la zona.

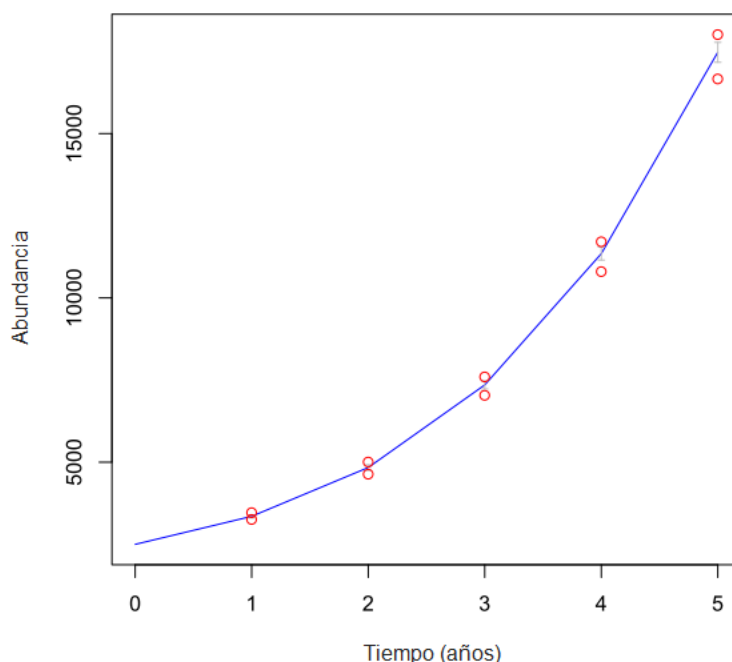


**Fig. 11.**

Simulación determinista de la abundancia de *Brosimum alicastrum* en un período de 5 años.



Al realizar una simulación empleando estocasticidad demográfica con mil repeticiones, es decir, generando cambios en la relación de natalidad y mortalidad debido al azar o efectos esporádicos, no se aprecia una disminución considerable del número de individuos de la población (Figura 12). Se puede observar como en 5 años la población asciende desde los 2.500 individuos iniciales hasta un número superior a 15.000 individuos. A pesar de ello, es necesaria la gestión de conservación, ya que pueden ocurrir cambios que generen nuevamente la pérdida de la especie en la zona de estudio.

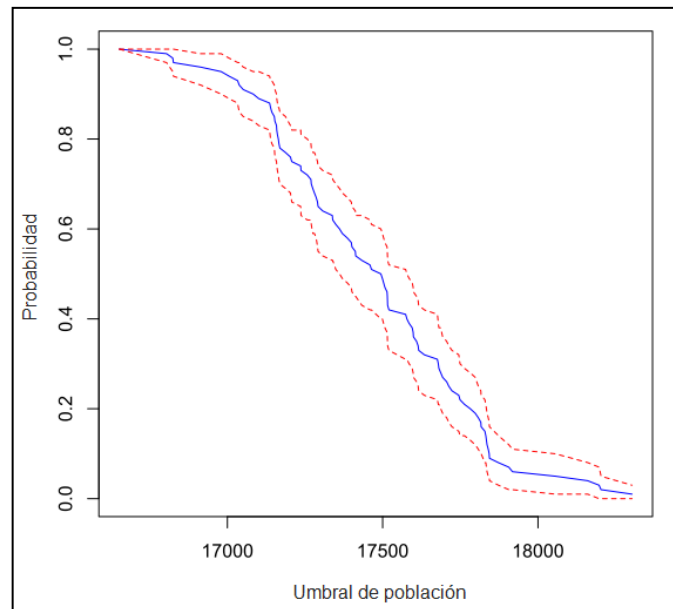


**Fig. 12.**

Simulación de la abundancia de la población de *Brosimum alicastrum* empleando estocasticidad demográfica (con mil repeticiones) en un período de 5 años.

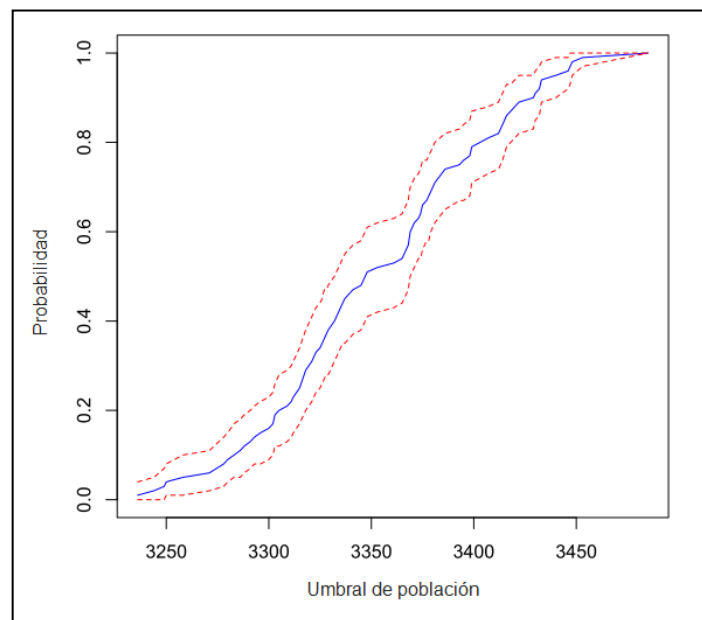
En las Figuras 13 y 14, se pueden observar dos simulaciones, una del aumento y otra de la disminución de la población, en un período de 5 años. Con base en lo obtenido, se puede decir que la población inicial de *B. alicastrum* no sobrepasará un límite adecuado del número de individuos (20.000), con lo que se puede inferir que no desplazará a otras especies de la zona. Asimismo, no disminuirá de forma considerable la población en dicho período de tiempo. Por otro lado, al realizar una simulación tanto con estocasticidad ambiental como demográfica, tomando como población inicial 2.500 individuos, se observa que la población de *B. alicastrum* alcanza un tamaño poblacional de aproximadamente 150.000 individuos en 10 años. Esto sugiere una buena escogencia del tamaño poblacional inicial.





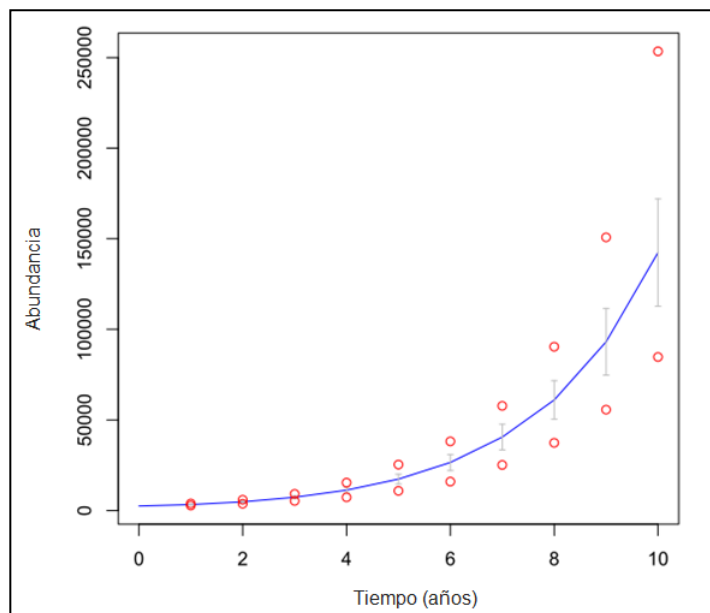
**Fig. 13.**

Probabilidad del aumento de la población (más de 20.000 individuos) de *Brosimum alicastrum* en un período de 5 años.



**Fig. 14.**

Probabilidad de la disminución de la población (100 o menos individuos) de *Brosimum alicastrum* en un período de 5 años.



**Fig.15.**

Simulación con estocasticidad ambiental y demográfica de la abundancia de la población de *Brosimum alicastrum* en un período de 10 años.

## 8. Descripción del proceso de establecimiento de la población

El proceso de establecimiento de la población indica las condiciones ambientales más adecuadas, los detalles del proceso y la preparación del medio necesarias para obtener los resultados más óptimos pre y post plantación. A continuación, se describe más detalladamente cada proceso.

### I. Plantación de individuos de *Brosimum alicastrum*

- a. Limpieza de los terrenos donde se depositarán los núcleos poblacionales de *B. alicastrum*.
- b. Elaboración de un mapa donde se indique la ubicación espacial de los núcleos que serán plantados, así como la elaboración de un mapa de las poblaciones seleccionadas en la Reserva de la Biosfera, como fuente de semillas. Además, se deberá tener en consideración la elección de viveros con capacidad suficiente y las condiciones requeridas para el desarrollo del material seleccionado.
- c. Tras escoger el vivero adecuado, es importante priorizar el manejo de plantas, ya que si no presentarán daños al momento de la plantación. Por tanto, el traslado se llevará a cabo en cajas de plástico individuales y se transportarán a la zona de actuación lo más pronto posible, para minimizar el estrés en las plantas. La idea original es realizar este proceso por la madrugada con el fin de efectuar las siembras en la mañana para que la hora de insolación máxima en el día no las afecte.

- d. Una vez elegido el sitio en donde se va a plantar, se debe considerar la distancia entre plantas, se recomienda que sea de 3x3 metros, indicándose con el trazo y marcado del ahoyado. Serán colocados en agujeros con una profundidad de 30 a 40 cm y un ancho de 15 a 25 cm. La técnica para plantar consiste en extraer la bolsa que contienen los individuos, manteniendo el pilón tal y como se encuentra dentro de la bolsa, para que las raíces no sufran ningún daño. Se utiliza el mismo sustrato extraído para rellenar el agujero. Las condiciones óptimas serán con una humedad relativa del 60-70% y una temperatura de 15-25° C.

## II. Refuerzo con plántulas de *Brosimum alicastrum*

Si al cabo de 2 años después de la plantación inicial, se aprecia un deterioro muy grave debido a actividades antrópicas, tales como tala incontrolada, pastoreo, entre otros aspectos; será necesario realizar un refuerzo con plántulas de *B. alicastrum*. En este caso, el área seleccionada para el refuerzo será una zona desprovista de vegetación arbórea, que cumpla con las mismas condiciones que se mencionan anteriormente (apartado I). Se procederá a la abertura de los agujeros donde serán colocados los individuos trasplantados. Finalmente, se considerará un plan de seguimiento con el propósito de conservar la zona, así como promover por parte de los pobladores aledaños y los encargados de la Reserva de la Biosfera, el cuidado y desarrollo de las nuevas plántulas, evitando así futuros deterioros.

## 9. Plan de monitorización

La mayoría de los registros existentes de *B. alicastrum* carecen de dos características fundamentales: (a) datos sobre el tamaño de su ocurrencia y (b) modelización demográfica completa de sucesos anteriores exitosos. Por ello, es necesario realizar una evaluación exhaustiva de las ocurrencias de la especie en estudio, así como proporcionar datos de referencia trascendentales para futuros proyectos de monitoreo de dicha especie. Una vez cumplimentadas las evaluaciones mencionadas, se debe tener una revisión periódica, con el propósito de poder identificar posibles tendencias de la población. A continuación, se describe cómo se pueden abordar dichas situaciones.

En primer lugar, se debe realizar un plan de sensibilización y participación de la población, ya que es de vital importancia vincular la gestión de los espacios naturales con la conservación de especies vulnerables paralelamente al manejo del espacio por parte de la población. Esto es debido a la modificación en los procesos ecológicos por acción antrópica: aprovechamientos maderables, recolección para usos medicinales, incendios forestales, impacto recreativo, uso del ganado en la zona, control de poblaciones de fauna silvestre. En concreto, en el Ejido Zenzontla de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de Manantlán en México.

En segundo lugar, se debe llevar a cabo un estudio previo de las actuaciones de restauración, donde se involucren los siguientes factores; clima, dinámica poblacional, edafología, fenología, germinación, regeneración natural y pruebas genéticas. Posteriormente, se realizará una

recopilación de datos de los estudios previos por medio de tablas informativas. Otros aspectos a considerar son la plantación y el refuerzo, los cuales se efectuarán con individuos de viveros, en los tiempos propuestos en el cronograma de actuación (Tabla 6). Además, se propone hacer un plan de monitorización y actuación *a posteriori*, donde se conozca el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas, así como datos de la regeneración natural. Por último, se llevará a cabo un seguimiento por medio de un análisis de la evolución de la plantación, calculando así el éxito de las actuaciones.

**Tabla 6.**  
Cronograma de actuación en la reintroducción de *Brosimum alicastrum*  
(Elaboración propia).

Actividad	Año									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Plan de sensibilización y participación de la población										
Estudios previos a las actuaciones de restauración (clima, dinámica poblacional, edafología, fenología, germinación, regeneración natural y pruebas genéticas)										
Recopilación de datos de los estudios previos por medio de tablas informativas										
Plantación de individuos de <i>Brosimum alicastrum</i>										
Refuerzo con plántulas de <i>Brosimum alicastrum</i>										
Plan de monitorización y actuación <i>a posteriori</i> : porcentaje de sobrevivencia de las plántulas										
Plan de monitorización y actuación <i>a posteriori</i> : datos de regeneración natural										
Análisis de la evolución de la plantación (éxito de las actuaciones)										

## 10. Bibliografía

- Ayala, A. y S. Sandoval. 1995. Establecimiento y producción temprana de forraje de Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades en el norte de Yucatán, México. *Agroforestería en las Américas*, vol. 2, no. 7, pp. 1-16.
- Berg, G. 1972. *Brosimum alicastrum* Sw. subsp. *Alicastrum*. Moraceae. *Flora Neotrópica*, vol. 7, pp. 170-171.
- Burns, R. y M. Mosquera, M. 1988. Árboles Útiles de la Parte Tropical de América del Norte. Comisión Forestal de América del Norte, Publicación 3. Washington DC, Estados Unidos.
- Cardenas-Hernandez, O. y L. Martinez Rivera. 2001. A Gis-Based Approach For Participatory Decision Making In Mexico: A Case Study In The Sierra De Manantlan Biosphere Reserve. *GIS@Development*, vol. 10, pp. 28-31.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2010. Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. Consultado el 30 de abril de 2012 en <http://manantlan.conanp.gob.mx/index.php>.
- Kageyama, P. y A. Reis. 1993. Areas of secondary vegetation in the Itajai Valley Santa Catarina, Brazil. Perspectives for management and conservation. *Forest Genetic Resources Information*, no. 21. FAO.
- Pennington, T., y J. Sarukhan. 1968. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Instituto Nacional de Investigaciones. Forestales. México, D.F.
- Peters, C. y E. Pardo-Tejeda. 1982. *Brosimum alicastrum* (Moraceae): Uses and Potential in Mexico. *Economic Botany*, vol. 36, no. 2, pp. 166-175.
- Peters, C. 1990. Plant demography and the management of tropical forest resources: A case study of *Brosimum alicastrum* in Mexico. *Rain Forest Regeneration and Management*, Cambridge University Press, pp. 265-272
- Programa de Manejo de la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. 2000. México, Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
- Sánchez-Velásquez, L., S. Quintero-Gradilla, F. Aragón-Cruz y M. Pineda-López. 2004. Nurses for *Brosimum alicastrum* reintroduction in secondary tropical dry forest. *Forest Ecology and Management*, vol. 198, pp. 401-404.
- Vega, A., J. Valdez y V. Cetina. 2001. Zonas Ecológicas de *Brosimum alicastrum* Sw. en la Costa del Pacífico Mexicano. *Madera y Bosques*, vol. 9, no. 001, pp. 27-53.